

身体発達からみた小学生の綱引牽引力

山本 博男, 新名 孝*, 清水 聡一**, 中川 真宏***, 袖山 紗季****

A cross sectional study of pulling strength in tug of war for elementary school children

Hiroh YAMAMOTO, Takashi SHINMYO, Sohichi SHIMIZU,
Masahiro NAKAGAWA, Saki SODEYAMA

今までの綱引研究では一流選手や、大学生、成人を対象とした研究が行われてきた。しかし発達途中の小学生を対象とした綱引の研究はまだ行われていない。従って本研究の目的は、小学生を対象とした綱引の基礎的実験を行い、綱引動作の特徴を調べることである。被検者は健常な小学生男子児童、1年生から6年生までの各学年8名ずつの計48名である。全身力(垂直方向)、牽引力(平行方向)を測定をし、全身力と牽引力との差を調べ、また、学年による測定値の変化を調べた。年齢、体重と全身力、牽引力それぞれの相関係数を求めた結果、それぞれに高い相関がみられた。

キーワード：綱引 牽引力 身体発達

[緒言]

綱引は私たちにとって身近なスポーツではあるがその動きをよくみると、「全力で引っ張りながら後方歩行を行う」「引っ張られるのを全力で耐える」「耐えながら前方歩行を行う」など、普段の生活ではあまり使われない複雑な動きを必要としている。

綱引には「Drop」「Hold」「Drive」の3つの局面がある。Drop局面とはレフリーの開始の合図と同時に綱を引き始める局面であり、Hold局面とは相手の牽引に耐えている局面、または相手に引かれていた局面であり、Drive局面とは、後方に向かって綱を引いている局面である[1]。川原ら(1988)によると、綱引における主動筋はHold局面では背側筋群、Drive局面では腹側と背側筋群である[2]。Dempste et al.(1958)は様々な角度での両手による牽引力を調べた結果、水平方向では体重の75%の牽引力を発揮すること

を明らかにした[3]。しかし綱引熟練者ではHold局面において自分の体重の200%の牽引力を、Drive局面では150%の牽引力を発揮することがわかっている[4]。

これまでの綱引の研究では、一流選手、大学生、成人を対象とした研究が行われてきた。しかし発達途中の小学生を対象とした綱引の研究はまだ行われていない。従って本研究の目的は、小学生を対象に綱引の基礎的実験を行い、発達発達からみた綱引動作の特徴を調べることである。

[方法]

i 被検者

被検者は健常な小学生男子児童、1年生から6年生までの各学年8名ずつ計48名に参加してもらった。被検者の身体特性はTable 1.の通りである。

平成20年10月1日受理

* 金沢大学人間社会学域学校教育学類内地留学生
** 金沢大学大学院教育学研究科保健体育専攻
*** 愛知県立豊橋市立青陵中学校常勤講師
**** 金沢大学付属小学校講師

Table 1. 被検者の身体特性

	身長 (cm)	体重 (kg)	年齢(歳)
一年生	122.5±4.4	23.8±3.4	7.2±0.3
二年生	127.1±2.0	26.3±1.9	8.0±0.3
三年生	130.4±6.5	27.7±4.3	9.0±0.3
四年生	135.0±4.8	31.2±4.7	9.9±0.2
五年生	140.3±3.8	35.5±6.8	11.1±0.3
六年生	154.8±3.1	48.2±11.1	11.5±0.8

ii - 1 実験手順(実験①)

個々の全身力(垂直方向)、牽引力(平行方向)の測定を行う。

※全身力の測定は背筋力の測定と同じ内容だが、小学生が背筋力測定を行うと、背筋力だけでなく、全身の筋肉が関与してくるのではないかと考えたため、今回の実験では「全身力」という言葉を使用した。

全身力の測定

綱を測定者の足元に固定する。直立姿勢から股関節を支点に前方へ30度傾け、ロードセルを介し、床に固定された綱を垂直方向に最大努力で引く(Figure 1)。測定は5秒間行い、その間の最大値と平均値を求めた。

牽引力の測定

綱を柱に固定する。測定者は綱の右側に立ち、足は肩幅に開く。もち手は左手が体に近いほうを握り、右手が左手の前とし、綱を右脇に挟み綱を引くように指示した(Figure 2)。その状態で後ろに最大努力で引く。測定は5秒間行い、その間の最大値と平均値を求めた。

iii - 1 解析、測定項目

測定にはロードセル(TCLP-2000KA, Tokyo Sokki Kenkyujo, Co., LTD Japan)を使用した。ロードセルは綱と地面、柱の間に設置した。ロードセルで求めたアナログのデータをデジタルに変換するためにADコンバーターを介し、さら

にその数値を拡大するためにアンプ(6M46, San-ei instrument Co., LTD Japan)につなぎ、それをパーソナルコンピュータ(Lavie PC-LL3509D NEC Japan)につないで数値を求めた。ソフトウェアはWad system ISF-6E, DKH, Japanを使用した。測定は1試行ずつ行った。各測定はビデオカメラ(DCR-TRV10 SONY)で撮影した。

全身力と牽引力を測定し、全身力と牽引力との差を調べるとともに、学年による測定値の変化を調べた。さらに年齢・体重と、全身力・牽引力それぞれの相関係数を求めた。

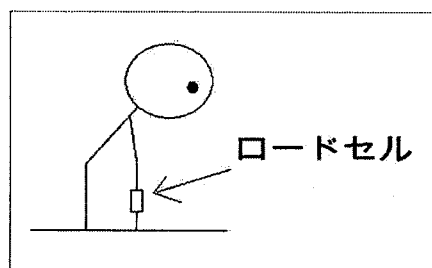


Figure 1. 全身力測定の間(垂直方向へ引く)

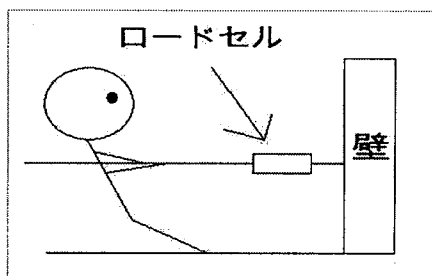


Figure 2. 牽引力測定の間(平行方向へ引く)

ii - 2 実験手順(実験②)

4対4での綱引の試合を行い、試合中におけるDrive局面の動作をビデオで録画し、解析する。現在行われている綱引競技では1チーム8人の選手で構成されている。そのため4対4で試合をすることによって、ミニゲームと同じ状態を作り、少しでも実際の試合をイメージしやすいようにした。

実験①で測定した各被検者の牽引力の平均値

をもとに、力が均等になるように8人を4人ずつの2チームに分けた。短めの綱を2本使い、綱と綱の間にロードセルを設置した。ロードセルにて試合中の綱の張力を測定した。測定は30秒とした。試合が30秒より早く終わってしまった場合も測定は続けた。ロードセルは実験①と同様にアンプを介し、ADコンバーターにつなぎ、パーソナルコンピュータで数値を測定した。

ロードセルの中心からそれぞれ1メートルの位置に1人目をおき、それ以降1メートル間隔で2人目、3人目、4人目とポイントを決めた。1メートルの間隔は前の人右手から次の人の右手までとした。綱の中心から外に向かってfirst puller, second-puller, third puller, fourth pullerとした。パーソナルコンピュータを置いた位置から見て左側をAチーム、右側をBチームとした(Figure 3)。

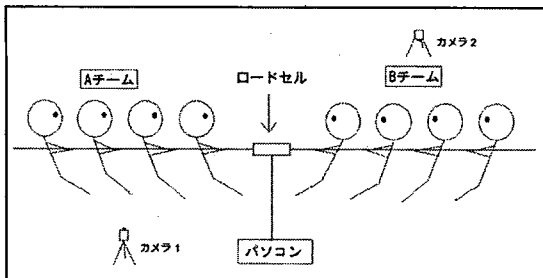


Figure 3. 実験②の配置図

Aチーム側、Bチーム側それぞれ綱から6.5メートルの位置にビデオカメラ(Victor, Model No GR-D350 / DCR-TRV SONY)を設置し、試合中の動きを撮影した。両チームとも右側面から撮影した。

綱の引き方に関しては特に指示はせず、綱の持ち手のみ指示をした。綱の持ち手は牽引力測定のと看と同様に、左手が体に近いほうを持ち右手が左手の前とした。スタートのときは全員この持ち方で統一した。綱を1メートル引いたチーム(綱の中心が1メートル移動したとき)が勝ちとし、最低3試行、多い学年では5試行

行った。試行数の差は昼休み時間の余り具合と、被検者の疲労具合から決めた。

iii - 2 解析、測定項目

撮影した映像は画像編集ソフト長編(Ultra EDIT 2 Canopus ULTRA2-N PK)を用いてキャプチャリングした。各学年4名(Aチームから2名、Bチームから2名)の被検者のDrive局面を解析した。動作解析を行う被検者の選択には撮影したビデオより、全身が終始画面に映っている者、綱を両手でしっかりと握っている者、体が斜めに崩れすぎでない者を選んだ。Hold局面からDrive局面に移り、手が5センチ後方へ下がったところから2秒間のDrive局面を動作解析した。動作解析にはFrame-DIAS II for Windows, DKH, Japanを使用した。動作解析では、Drive局面における股関節角度(肩峰—大転子—膝を結んだ角度 a)、膝関節角度(大転子—膝—くるぶしを結んだ角度 b)、全身角度(肩峰—くるぶし—床を結んだ角度 c) (Figure 4)の変化を求め、相関を求めた。DLT法を用いてキャリブレーションを行った。

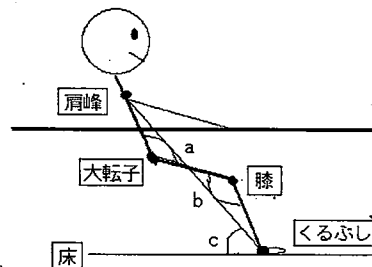


Figure 4. 股関節角度(a)、膝関節角度(b)、全身角度(c)の定義

[結果]

i 実験①の結果

全身力と牽引力の測定を行ったところ学年によって力の大きさに差がみられた。各学年における牽引力と全身力の対比と、その人数をグラ

フで示した(Figure 5.)。

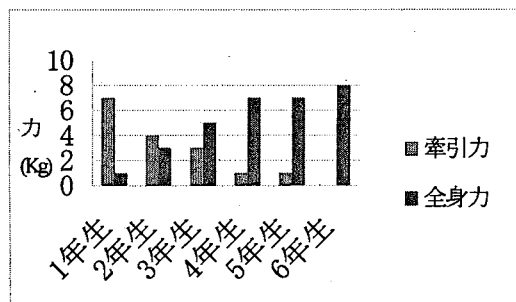


Figure 5. 牽引力、または全身力が強い人数

1年生では牽引力の方が強い人が多かったが、6年生になると全員全身力の方が強くなっていった。

全身力と牽引力は自分の体重の何割発揮できるかを被検者ごとに求め、学年ごとに平均を出した (Table 2.)。全身力は学年が上がるにつれて増加していく傾向にあるが、牽引力は学年による傾向はみられなかった。

Table 2. 各学年における、体重を100%としたときの全身力と牽引力の割合 (%)

学年	全身力÷体重(%)	牽引力÷体重(%)
1年生	51.6±20.0%	74.9±6.4%
2年生	73.7±22.0%	77.0±16.1%
3年生	78.4±21.6%	67.3±11.3%
4年生	85.1±12.4%	60.5±10.1%
5年生	100.1±18.4%	72.9±7.0%
6年生	86.0±20.7%	64.5±10.9%

被検者48名の全身力と牽引力の関係を調べたところ、優位に相関があることがわかった (Figure 6)。全身力が弱い被検者は牽引力も弱く、全身力が強い被検者は牽引力も強い傾向にあった。しかし、全体的にばらつきが大きく、個人差があることがわかった。

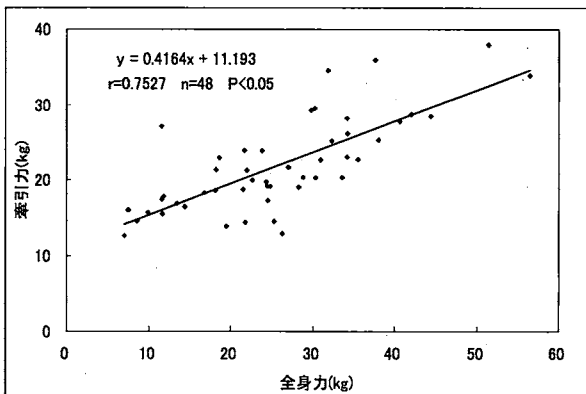


Figure 6. 全体における全身力と牽引力の関係 ($p < 0.05$)

被検者48名の年齢(誕生日から実験日までの十進法で算出、小数点第一位まで表した)と全身力の関係を調べたところ、高い相関が見られた (Figure 7)。ばらつきも少なく、年齢が高くなるにつれ全身力も強くなっていった。

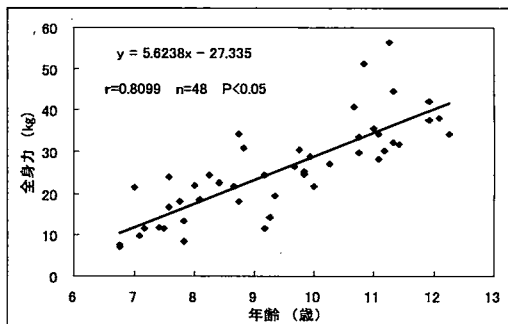
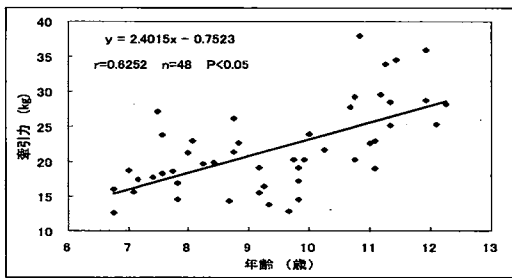


Figure 7. 全体における年齢と全身力の関係 ($p < 0.05$)

被検者48名の年齢と牽引力の関係を調べたところ、高い相関が見られた (Figure 8)。しかし「年齢と全身力の関係」よりも「年齢と牽引力の関係」ほうがばらつきは大きかった。

Figure 8. 全体における年齢と牽引力の関係 ($p < 0.05$)

被検者 48 名の体重と全身力の関係を調べたところ、高い相関が見られた (Figure 9)。体重が増加すると全身力も増加することがわかった。

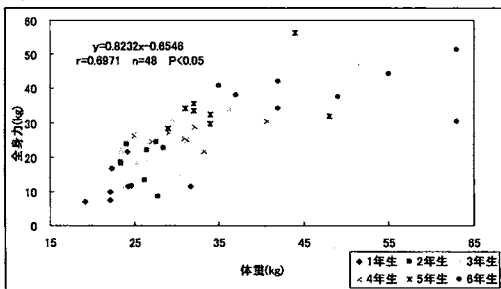


Figure 9. 学年ごとにプロット分けした体重と全身力の関係

被検者 48 名の体重と牽引力の関係を調べたところ、高い相関が見られた (Figure 10)。体重が増加すると牽引力も増加することがわかった。

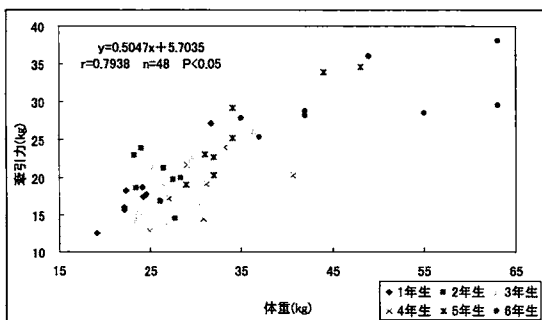
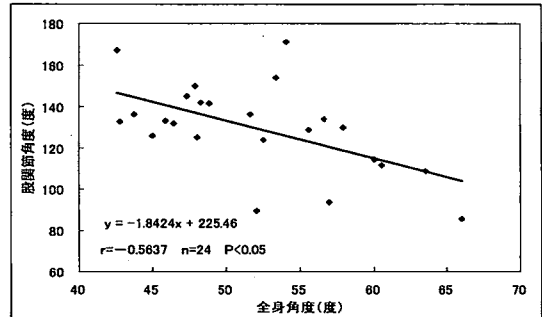


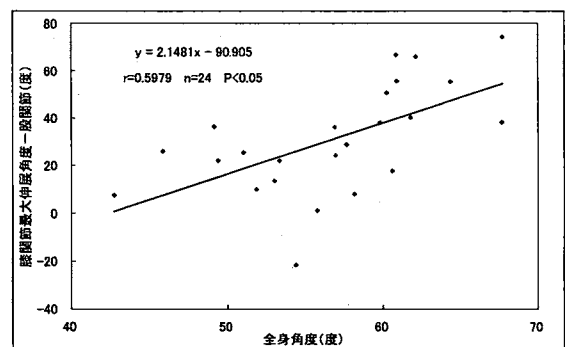
Figure 10. 学年ごとプロット分けした体重と牽引力の関係

ii 実験②の結果

全身角度が最小のときの股関節角度の関係を調べたところ、有意に負の相関がみられた (Figure 11)。全身角度が大きいときは股関節角度が小さくなることがわかった。また全身角度が小さいときは股関節角度が大きくなることがわかった。

Figure 11. 全身角度最小値と股関節角度の関係 ($p < 0.05$)

膝関節最大伸展角度からそのときの股関節角度を引いた角度と、全身角度の関係を調べたところ、高い相関がみられた (Figure 12)。全身角度が小さいときは膝関節最大伸展角度とそのときの股関節角度の差が少なかった。また全身角度が大きいときはその差が大きかった。

Figure 12. 膝関節最大伸展角度から股関節角度を引いた角度と全身角度との関係 ($p < 0.05$)

膝関節最大伸展角度からそのときの股関節角度を引いた角度と、股関節角度の関係を調べたところ、有意に負の相関がみられた (Figure 13)。股関節角度が小さいときは膝関節角度と股関節角度との差が大きかった。また股関節角度が大きときは膝関節角度と股関節角度との差が小さかった。

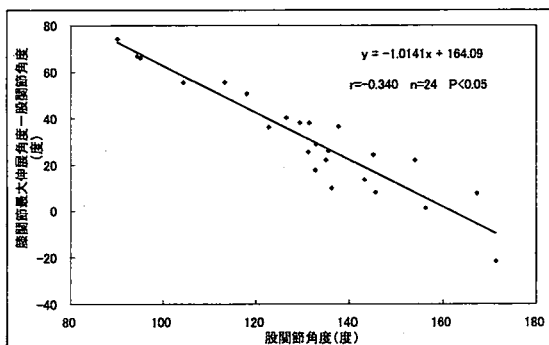


Figure 13. 膝関節最大伸展時の角度からそのときの股関節角度をひいた角度と、股関節角度の関係 ($p < 0.05$)

[考察]

i 実験①の考察

1年生から6年生まで全身力と牽引力の測定を行ったところ、学年によって様々な違いが見られた。1年生では8人中7人が牽引力のほうが全身力よりも勝っていたのに対し、学年が上がるにつれて牽引力よりも全身力のほうが勝っている人が増加した。6年生にいたっては8人全員が牽引力よりも全身力のほうが勝っていた。

全身力と比較して牽引力に差があまり出ないのは、何かを後方に全力で引くという動作を日常生活であまり行わないからではないだろうか。綱引のような、「後方に全力で引く」という動作の練習を行えば、子どもの筋力の発達にしたがって1年生から6年生の各学年の差がもっと顕著に現れるのではないかと。今後調べてみる余地はある。

また、実験①のビデオをみると、低学年のほ

うが綱に自分の体重を乗せながら引っ張る者が多く、高学年になるにしたがって、腕の力で引こうとする者が増加した。このことから牽引力にあまり差が出ないことがいえる。

被検者 48名の全身力と牽引力との関係を調べたところ高い相関があることがわかった (Figure 6)。全身力が弱い被検者は牽引力も弱く、全身力が強い被検者は牽引力も強い傾向にあった。しかしこの結果にもばらつきがあり、同じ牽引力の被検者同士でも全身力では 20kg 以上の差があり、一方同じ全身力の被検者同士でも牽引力では 15kg 以上の差があるとの結果が出た。これは測定値を学年ごとに分けて、全体における相関を調べたため牽引力のばらつきが結果に反映したのではないかと考えられる。

被検者 48名の年齢と全身力の関係を調べたところ高い相関があることがわかった (Figure 7)。年齢が高くなるにつれ全身力も強くなった。とりわけ 11、12 歳においては、特に強い全身力を発揮する被検者が多くみられる。高学年になると全身の筋肉が発達し始め (Hettinger et al. 1968)、またいろいろな遊びやそれらの経験から機能分化が起こったり、調整力が発達することから、自分の体をうまく使ったり、筋力を発揮する能力が高まる (高石 et al. 2005)。よって 11、12 歳においては特に強い全身力を発揮したのではないかと考えられる。

被検者 48名の年齢と牽引力のかんけいを調べたところ高い相関があることがわかった (Figure 8)。しかし「年齢と全身力のかんけい」と比較して、「年齢と牽引力のかんけい」のほうのばらつきが大きく、また 7 歳の被検者と 11 歳の被検者の測定値が似かよった値という結果も出た。牽引力は全身力に比べて個人差が大きいということがわかった。牽引動作は日常生活であまり行われない動作のため、個人で差が大きく開いたのではないだろうか。学童期は機能分化が活発で、高学年になるに従って様々な動

きができるようになる (高石 et al. 2005)。よって牽引動作の練習を行えば、身体の発育発達に対応した測定結果が得られるのではないだろうか。

被検者 48 名の体重と全身力の関係を調べたところ高い相関があることがわかった (Figure 9)。また体重が増加すると全身力も増加することがわかった。体重が 30kg の被検者の測定値を比較してみると、全身力においては 10kg に満たない被検者から 30kg を超える被検者もあり、20kg 以上の差が開いた。体重が 40kg 以上の被検者は全員全身力が 30kg 以上だった。体重が 29kg 以下の被検者は全員全身力が 30kg 以下だった。今回の実験では体重が似かよった被検者間においても学年が違う被検者が多くいた。体重が同じでも年齢が違くと骨格筋の発達に差があるため (scammon, R.E et al.1930)、この差によって全身力のばらつきが大きくなったのではないかと考えられる。

被検者 48 名の体重と牽引力の関係を調べたところ高い相関があることがわかった (Figure 10)。体重が増加すると牽引力も増加することがわかった。体重が似かよった被検者を比較したときに牽引力では最大で差が 10kg 程度しか開いておらず、全身力の測定値と比較して個人差がさほど開かなかった。またばらつきも少ないことがわかった。この結果から、被検者は自分の体重を利用して牽引動作を行っていると考えられる。

ii 実験②の考察

全学年を通して、股関節と膝関節とが連携している傾向にあることがわかった。中学年、高学年においては、膝関節角度よりも股関節角度のほうが大きい値を示す傾向にあった。学年が上がるにつれ、全身角度の小さい被検者が増えていった。このことから、学年が上がるにつれ Drive 局面では体を後方に伸ばしながら後方歩行を行う傾向にあることがいえる。これは、綱

を引きながら後方歩行を行う際に自分の体重をうまく利用しているからではないかと考えられる。また、学年が上がるにつれ、股関節角度、全身角度にあまり変化のみられない被検者が多くなっている。このことから学年が上がるにつれて、Drive 局面では安定した一定の姿勢のまま後方歩行を行う被検者が多くなるということがいえるのではないだろうか。股関節の開きは個人差があったのに対し、膝関節の開きにはあまり差がなかった。

全身角度が最小のときと、そのときの股関節角度の関係を調べたところ、有意に負の相関がみられた (Figure 11)。全身角度が大きいと体が地面に対して起きている状態となり、小さいと体が地面に対して寝ている状態となる。股関節角度が小さいと上体と腿が近く体が閉じている状態となり、股関節かくどが大きいと開いている状態となる。

実験の解析結果から全身角度が大ききときは股関節角度が小さくなることがわかった。すなわち体が地面に対して起きている状態のときは、体が閉じており、上体がやや前傾した姿勢になる。また全身角度が小さいときは股関節角度が大きくなることがわかった。すなわち体が地面に対して寝ている状態のときは、体が開いており上体が後方に傾いている姿勢になる。

膝関節最大伸展角度からそのときの股関節角度を引いた角度と、全身角度の関係を調べたところ、高い相関がみられた (Figure 12)。膝関節最大伸展角度は各学年にあまり差は見られず、平均 132.1 度だった。膝関節が最大伸展しているときは、足で地面を踏みつけて、体を後方へ移動させながら伸び上がっている状態である。全身角度が小さいとき、すなわち体が地面に対して寝ている状態のときは、膝関節最大伸展角度と股関節角度との差が少なかった。全身角度が大ききとき、すなわち体が地面に対して起きている状態のときは、膝関節最大進展角度と股関節角度との差が大きかった。後方へ下がると

きに全身角度が小さいと、上体は後方に倒れ、全身が伸びている姿勢をとり、全身角度が大きいと、上体は起きたまま、腰が曲がっている姿勢をとる傾向にあることがわかった。

膝関節最大伸展角度から股関節角度を引いた角度と、股関節角度との関係を調べたところ、有意に負の相関がみられた (Figure 13)。膝関節最大伸展時の股関節角度は大きいほうがよい。すなわち全身が後方に伸びている姿勢がよいとされる。したがって、膝関節最大伸展角度から股関節角度を引いた角度は小さくなるほうが望ましい。解析をおこなった結果、股関節角度が小さいときは膝関節角度と股関節角度との差が大きかった。これは膝関節が伸展しているのに対し、股関節が伸展していないからであると考えられる。股関節角度が大きときは膝関節角度と股関節角度との差が小さかった。膝関節も股関節も伸展しており、全身が伸びていることがわかった。

[結論]

今回の実験結果から以下のことが結論づけられた。

- ・全身力においては体重との関係よりも年齢との関係がつよく、身体の発達にともなって増加することが明らかとなった。
牽引力は年齢との関係よりも体重との関係がつよく、身体の発達にともなって増加するものではないということが明らかになった。体重が増加するにしたがって牽引力は増加する傾向にあるため、体重を利用しながら牽引動作を行っていることがわかった。
- ・学年間で、股関節角度、膝関節角度、全身角度に大きな差はみられず、綱の引き方には個人差があることがわかった。しかし個人差はあるが、学年が上がるにつれて全身が伸びている姿勢で綱を引きながら後方歩行を行う被

験者が多くなる傾向にあることもわかった。

- ・股関節角度、膝関節角度、全身角度の3つの角度間には大きな関係があることが明らかになった。

[参考文献]

- [1] Nakagawa Masahiro et al., : CHARACTERISTIC OF PULLING MOVEMENT FOR JAPANESE ELITE TUG OF WAR ATHLETES. X X I I International Symposium on Biomechanics in Sports, Beijing. 2005 Proceedings; pp475 - 478
- [2] 川原繁樹, 山本博男: 綱引協議の基礎的研究. 第九回日本バイオメカニクス学会大会論集, 1988; pp267-272
- [3] W.T. Dempster: Analysis of two-handed pulls using free body diagrams. J. Appl. Physiol., 13(3); pp469-480, 1958
- [4] Tanaka Katsue et al.: BIOMECHANICAL ANALYSIS ON DYNAMIC PULLING SKILL FOR ELITE INDOOR TUG OF WAR ATHLETES. X X I I International Symposium on Biomechanics in Sports, 2005 Beijing. Proceedings; pp330-333
- [5] 高石昌弘, 樋口満: からだの発達(改訂版), 1997 改訂版発行, 大修館書店, pp14-26; pp191-302
- [6] Th. Hettinger: Isometrisches Muskeltraining, Stuttgart: Thieme Auf. 3, 1968
- [7] R.E. Scammon: The measurement of man. Harris, J.A., C.M. Jackson, D.G. Paterson & R.E. Scammon (ed): The measurement of the body in childhood. Univ. Minnesota Press, 1930.
- [8] 猪飼道夫, 石井喜八, 中村淳子: 血液量からみた筋持久力(Ⅱ), 体育の科学, 15; pp281-287, 1965.
- [9] 山崎健: 移動運動の系統発生と個体発生, 楽しい体育スポーツ, No148 2002; pp8-11